

Opinnäytetyö (AMK)

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

Koneautomaatio

2013

Mira Korgan

# KÄÄRINTÄKONEEN EKOTEHOKKUUS

– sähkö- ja automaatio suunnittelun näkökulmasta



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU  
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Mira Korgan

## KÄÄRINTÄKONEEN EKOTEHOKKUUS

Tämä opinnäytetyö tehtiin käärintäkoneita valmistavalle Ab Haloila Oy:lle. Tavoitteena oli selvittää sähkö- ja automaatio suunnittelun näkökulmasta käärintäkoneiden ekotehokkuutta ja siinä olevia kehityskohteita.

Opinnäytetyön aikana tarkoitus oli tutustua ekotehokkuuteen ja energiatehokkuuteen, niihin liittyviin määritteisiin ja vaikuttaviin standardeihin ja direktiiveihin. Näistä on työlle oleelliset asiat esitetty opinnäytetyössä.

Ekotehokkuuteen työn aiheen kannalta eniten vaikuttaviin tekniisiin ja toimintamallisiin kohteisiin vaikuttavia tekijöitä on käyty läpi opinnäytetyössä. Näitä ovat mm. moottorikäyttöihin liittyvät ratkaisut, sähkösuunnittelun sidosryhmiin vaikuttavat toimintatavat ja koneiden käyttöikään vaikuttavat ratkaisut. Kehityskohteita opinnäytetyön tarkkailun alla olleista kohteista löytyi varsinkin alihankkijoiden rajapinnasta.

### ASIASANAT:

ekotehokkuus,

energiatehokkuus,

sähkösuunnittelu,

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Mechanical and Production Engineering | Mechanical automation

2013 | 44

Timo Vaskikari, Kai Laurila

Mira Korgan

# ECOLOGICAL EFFICIENCY OF WRAPPING MACHINE

The thesis was commissioned for Ab Haloila Oy in order to attain new information concerning the ecological efficiency of the wrapping machines from the standpoint of an automation and electrical design. The main challenge was to find new options for research and development and to present new evidence in light of recent findings.

The thesis covers mostly ecological and energy efficiency and their related attributes in Haloila's lineup of different machines. Different standards and directives are also presented accordingly, since regulations are a nominal part of the production and assembly at Haloila as well as their parent company MimalTW.

Most important topics concerning the ecological and technical standpoints are covered in this thesis. Different approaches to wide variety of stakeholders are covered via different methods of research.

## KEYWORDS:

Electrical engineering, wrapping, machine, automation, ecological efficiency

# SISÄLTÖ

<b>1 JOHDANTO</b>	<b>7</b>
<b>2 OY M. HALOILA AB</b>	<b>8</b>
2.1 Yrityksen kuvaus	8
2.1.1 Yrityksen tuotevalikoima ja tarjoamat palvelut	8
2.1.2 Yrityksen sähkösuunnittelu	10
2.2 Pakkausala ja pakkaus	10
<b>3 EKOTEHOKKUUS JA YMPÄRISTÖSUOJELU</b>	<b>13</b>
3.1 Yleistä	13
3.2 ISO 14000 -standardisarja	14
3.3 Elinkaariajattelu ja -arviointi	14
3.4 Energiatehokkuus	15
3.5 Ekotehokkuusnäkökulma toimeksiannossa	16
<b>4 EKOTEHOKAS SÄHKÖSUUNNITTELU</b>	<b>17</b>
4.1 Tiedonsiirto	17
4.1.1 Tiedonsiirron ekotehokkuus	17
4.1.2 Tiedonsiirron tulevaisuus	18
4.2 Moottorit	19
4.2.1 Moottorin valinta	20
4.2.2 Taajuusmuuttajat	24
4.2.3 Jarrutus	24
4.3 Komponentit	26
4.3.1 Komponenttien määrä	26
4.3.2 Ohjauspaneelit	27
4.4 Sähköpiirrustukset ja yhteistyötahot	29
4.4.1 EPLAN Electric P8	30
4.4.2 Sähkökeskustoimitukset	31
<b>5 KÄÄRINTÄKONEEN ENERGIAANKULUTUS KÄYTÖSSÄ</b>	<b>33</b>
5.1 Vanhat mittaustulokset	33

5.2 Uudet mittaukset	34
<b>6 KÄYTTÖIKÄ JA KÄYTÖSTÄ POISTAMINEN</b>	<b>36</b>
6.1 Päivitykset	36
6.2 Kierrätys ja jäte	38
6.2.1 Kierrätys omassa sähkösuunnitteluun liittyvässä toiminnassa	39
6.2.2 Kupari	39
<b>7 YHTEENVETO</b>	<b>40</b>
<b>LÄHTEET</b>	<b>42</b>

## LIITTEET

Liite 1. Mittauspöytäkirjaesimerkki

## KUVAT

Kuva 1. Octobus TWIN; varustettuna puristimella, manipulaattorilla ja kahdella pääliarkilla	9
---	---

## KUVIOT

Kuvio 1 SNT- ja TFT-näyttöjen keskeiset erot.....	28
---	----

## TAULUKOT

Taulukko 1 Esimerkkejä VEM:n pienten IE3-moottoreiden hyötysuhteista .....	21
--	----

## KÄYTETYT LYHENTEET (TAI SANASTO)

PLC	Programmable logic controller, ohjelmoitava logiikka (Wikipedia)
ISO	International Organization for Standardization, Kansainvälinen standardoimisjärjestö ( <a href="http://www.iso.org">http://www.iso.org</a> )
IEC	International Electrotechnical Commission, Kansainvälinen sähköalan standardoimisjärjestö (Wikipedia, <a href="http://www.iec.ch/">http://www.iec.ch/</a> )
LCD	Liquid Crystal Display, Nestekidenäyttö (Wikipedia)
SNT	Superkierteinen nematiikka teknologialla toteutettu nestekidenäyttö (Wikipedia)
TFT	Ohutkalvotransistori, nestekidenäyttö teknologiaa (Wikipedia)
IWLAN	Industrial Wireless Local Area Network, teollisuuden langaton lähiverkko (Siemens <a href="http://www.siemens.fi">http://www.siemens.fi</a> )

# 1 JOHDANTO

Tässä työssä toiminnan kohteena on yksittäinen tuote, jonka ekologista kuormaa tarkastellaan. Mahdolliset ekologisen tehokkuuden tehostuskeinot ovat teknologisia ja toiminnan kehittämiseen sidoksissa.

Työssä selvittämään, miten nykyiset komponentit ja toimintamallit tukevat ekotehokkuutta ja miten jo tehdyt muutokset vaikuttavat mitatuin ominaisuuksin koneen energiatehokkuuteen. Mahdolliset tulevat muutokset otetaan tässä kohtaa huomioon.

Tavoitteena on, että tuloksia voidaan käyttää hyödyksi koneiden kehitystä mietittäessä, yrityksen tuotteiden markkinoinnissa ja tuottaessa asikasyritykselle materiaalia käärintäkoneen ekotehokkaasta käytöstä. Tulokset voivat tuoda käyttöönotettaessa taloudellista hyötyä.

Työ rajataan koskemaan Oy M. Haloila Ab täysautomaattisia lavankäärintäkoneiden sähkö- ja automaatio suunnittelua. Työhön sisältyy yhteistyörajapinta keskusvalmistajan kanssa, muttei keskusvalmistajan toiminta.

## 2 OY M. HALOILA AB

### 2.1 Yrityksen kuvaus

Pakkausalalla vaikuttava Oy M. Haloila Ab (jatkossa Haloila) on osa ITW-konsernia, ja se on perustettu vuonna 1972. Ensimmäiset käärintäkoneet on valmistettu 1976.

Yrityksen päätoimipaikka on nykyään Maskussa, ja se on yksi kunnan suurimmista työnantajista. (Varsinais-Suomen liiton www-sivut 2012)

Yritys valmistaa semi- ja täysautomaattisia lavan kiristekalvokäärintäkoneita ja on yksi niiden johtavista valmistajista maailmalla melkein 40 vuoden kokemuksella.

Haloilan asiakaskuntaan kuuluu mm. juoma-, elintarvike-, paperi- ja rakennustarviketeollisuutta. Erilaiset tuotteet antavat haasteita käärintälle ja vaativat erilaisia ratkaisuja.

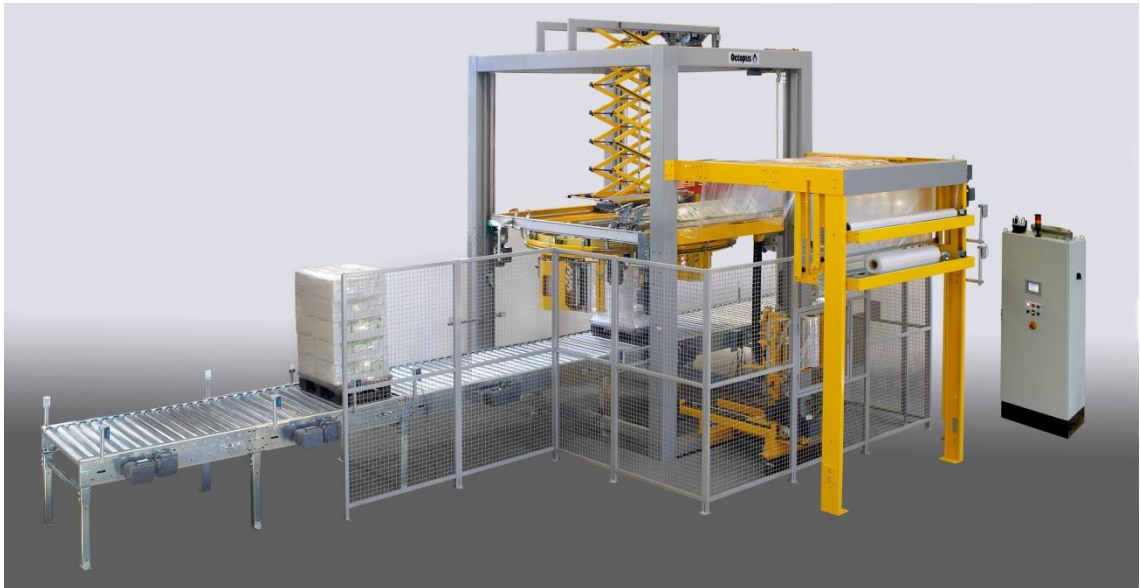
#### 2.1.1 Yrityksen tuotevalikoima ja tarjoamat palvelut

Haloilan tuotevalikoimaan kuuluu semiautomaattikoneita ja useita erilaisia Octobus-konesarjaan kuuluvia täysautomaattikoneita, joista voidaan valita asiakaan tarpeisiin parhaiten soveltuva.

Eri konetyypeillä pystytään käsittelemään 15-180 lavaa tunnissa, ja niiden tilavaatimukset ovat erilaiset.



Suurimpaan kapasiteettiin päästään kuvassa 1. esitellyllä Octobus Twin - käärintäkoneella, jossa samanaikaisesti voidaan kääriä kaksi kuormalavaa. Twin onkin ideaali käärintäkone korvaamaan kutistehuppu- tai kiristehuppukoneet alhaisempien investointi-, huolto-, energia- ja materiaalikulujensa vuoksi.



Kuva 1. Octobus TWIN; varustettuna puristimella, manipulaattorilla ja kahdella pääliarkilla

Haloilan uudet vuonna 2011 lanseeratuissa Octobus Global Platform -kone-malleissa koneen rakennetta on muokattu sillä tavalla, että koneen kuljettaminen kontissa onnistuu. Tämä tuo lisää mahdollisuuksia koneiden kuljettamiseen ekotehokkaasti asiakkaalle.

Haloilan käyttämän kehäteknologian ansiosta samalla käärintäkoneella pystytään käärimään hyvin erikokoisia ja muotoisia lavoja ilman mekaanisia muutoksia.

Käärintäkoneiden lisäksi Haloila tarjoaa lavankäsittelyratkaisuja, kuten erilaisia kuljettimia ja lavannostimia, sekä kokonaisratkaisuja.

Kokonaisratkaisut sisältävät optimaallisen lavanpakkausratkaisun suunnittelun, käärintäkalvojen ja -koneiden toimittamisen, huollon ja jälkimarkkinoinnin sekä pakkauslaadun seurannan.

Haloilalla on myös mahdollisuus testikeskuksessaan simuloimalla etsiä asiakkaan tarpeeseen sopivimman pakkausratkaisun.

Yrityksen työntekijät ovat mukana laitteistojen käyttöönotossa ja käyttäjien koulutuksessa.

### 2.1.2 Yrityksen sähkösuunnittelu

Sähkösuunnitteluosaston toimenkuvaan kuuluu uusien käärintäkoneiden kohdalla sähkökuvien piirtäminen, PLC- ja näyttöohjelmien tekeminen, koeajot ennen käärintäkoneen lähettämistä asiakkaalle, koulutus ja käyttöönottotestaus asennuksen jälkeen.

Vanhojen käärintäkoneiden päivitystilanteissa sähkösuunnittelu hoitaa koneen sähköistykseen ja automaatioon tulevat muutokset, sähköpiirrustusten päivityksen, sekä suunnittelee tarvittaessa komponenttien ja automaation muutokset.

## 2.2 Pakkausala ja pakkaus

Luvun pakkausalaa ja pakkausta käsittelevät tiedot ovat peräisin kirjoista ”Pakkaaminen – perustiedot pakkauksista ja pakkaamisesta” (Järvi-Kääriäinen & Leppänen-Turkula, 2002) ja ”Pakkaus: pakkausalan perusoppikirja” (Karjalainen & Ramsland, 1992)

Pakkausala on hyvin monipuolinen ala, jonka osana on pakkausteollisuus, joka valmistaa pakkaustarvikkeita ja -laitteita ja johon Haloilakin kuuluu.

Se työllistää runsaasti työntekijöitä pakkausteollisuuden ulkopuolella pakkaavassa teollisuudessa, logistiikassa, kaupassa ja käytöstä poistuneiden pakkausten hyödyntämisessä. Isot teollisuudenalat kuten elintarvike-, lääke-, elektroniikka- ja metsäteollisuus ovat pakkausalan asiakkaita ja kehityshankkeet lähtevät monesti asiakkaiden muuttuneista tarpeista tai standardien ja direktiivien muutoksista.

Suomessa pakkausjätteen määrä verrattuna EU:n keskiarvoon on n. puolet pienempi vuositasona. Tämä johtuu suuresta kierrätettävien pakkausratkaisujen määrästä ja uniikista uudelleenkäyttöjärjestelmästä.

Pakkaukset ovat osa arkipäivää ja niiden on vastattava teollisuuden, kaupan ja logistiikan muuttuvia ja kasvavia vaatimuksia. Pakkaus ei ole pelkästään kuluttajalle päätyvä vähittäismyyntiyksikkö vaan se on aina tuotteen päällys, silloin kun se sisältää tuotteen tai tuotteita.

Pakkauksen päätehtävä on suojata tuotetta. Sen tulee antaa tarpeellinen suoja sekä kemiallisia, fyysisiä kuin biologisia rasituksia vastaan.

Kuljetus ja käsittely kohdistaa eniten mekaanista rasitusta pakkaukseen, koska silloin siihen kohdistuu erilaisia iskuja, tärinää ja kääntelyä.

Muita mekaanisia rasituksia ovat kosteus ja pöly. Haloilan käärintäkoneilla pystytään lava käärimään kutistekalvoon niin, että se on pöly- tai/ja vesitiivis. Esimerkiksi vesitiivistä käärintää tarvitaan niissä tilanteissa kun kuormalavaa säilytetään ulkona ja sadeveden pääsy tuotteen kanssa kosketuksiin on estettävä.

Toinen Haloilan kannalta merkittävä pakkauksen tehtävä on logistiikan vaatimusten täyttäminen.

Kuljetusyksiköt ovat usein kuormalavoja tai rullakkoja, jotka tulee pakata niin, että niille pakatut kuljetuspakkaukset tai tuotteet pysyvät kuljetuksen aikana paikoillaan. Esimerkiksi liukkaidenkin tuotteiden on pysyttävä lavalla kun lavaa kallistetaan siirrettäessä. Tämä vaatii mm. oikein optimoidun kalvon ja kalvokierrosmäärän.

Oikeanlainen kuljetusyksikön pakkaus suojaa siinä olevia tuotteita ja estää tai vähentää hävikin muodostumista.

Haloila tarjoaa mahdollisuuden asiakkaalleen käyttää lopullista kuljetusyksikön pakkausta markkinointiin ja lavan tunnistukseen LOGO WRAP -toiminnon avulla. Tässä lavaa käärittäessä lavan ympärille kääritään normaalin kutistekalvon lisäksi esim. asiakasyrityksen logolla varustetun kalvokierros.

## 3 EKOTEHOKKUUS JA YMPÄRISTÖSUOJELU

### 3.1 Yleistä

Ympäristösuojaus ja ekotehokkuus ovat olleet kilpailuvaltti monilla aloilla, ja niistä on tulossa normi, johon pyritään. Ympäristöjohtaminen ja sitä kautta ympäristöstrategiat ovat yhä useammin yhteydessä yritysten liiketoimintastrategioihin.

Ekotehokkuus on osa ympäristöjohtamista ja -suojelua. Se on lyhyesti sanottuna sitä, että vähemmällä materiaalilla ja energialla pystytään tuottamaan nykyistä enemmän. Ekotehokkuuden tavoitteena on vähentää kulutusta ja päästöjä koko tuotteen tai palvelun elinkaaren aikana, sekä saada aikaan kustannussäästöjä ja kilpailuetua. (Rissa, 2001)

Teollisuudessa on ymmärretty, ettei ympäristöä säästävänä toiminnan ei tarvitse olla kallista ja tämän vuoksi ekotehokkuussuunnitteluun on alettu panostaa enenevässä määrin. (Rissa, 2001)

Yritystasolla painopiste ympäristösuojelelussa siirtyy jatkuvasti voimakkaammin päästöistä tuotantoprosesseihin eli raaka-aineisiin, materiaaleihin ja energiaan ja niiden tehokkaaseen käyttöön. Teollisuudessa ekotehokkuutta tuleekin nykyään ajatella koko laitteen tai tuotteen elinkaaren ajalta. Yhteen muuttuukaan, kuten energiaan, keskittyminen ei saa aikaan parhaiten ekotehokasta lopputulosta. Osa ekotehokkuuden ajattelusta pohjautuu myös siihen, että palveluiden osuutta kasvatetaan. (Rissa, 2001)

Ympäristöjohtamista ajatellen olemassa on ympäristöjärjestelmiä, joista tunnetuimpia ovat ISO 14000 -standardisarja ja Euroopan unionin EMAS-järjestelmä (the Eco-Management and Audit Scheme).

### 3.2 ISO 14000 -standardisarja

ISO 14000 -standardisarjan standardit ovat Kansainvälisen standardointijärjestö ISO:n ympäristöjohtamisen standardeja. Niiden toteutumisesta ja ylläpitämisestä vastaa Suomessa Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.

ISO 14000 -sarja sisältää hyvin erilaisia ympäristöön liittyviä standardeja ja ohjejulkaisuja. Sen päästandardi on ympäristöjärjestelmästandardin ISO 14001.

Sarjan standardit ja oppaat käsittelevät mm. ympäristöjärjestelmiä, ympäristösertifiointia, ympäristöauditointeja ja -tarkastuksia, ympäristönsuojelun tason arviointia, elinkaariarviointia ja suunnittelun ja tuotekehityksen ympäristönäkökohtia.

ISO 14000 -sarjaa ollaan täydentämässä ekotehokkuuden arvioimiseen liittyen, ja sen pohjalta voidaan tulevaisuudessa tarkastella ehotehokkuutta järjestelmällisemmin. (Suomen Standardisoimisliitto SFS, 2012)

Suuret sähkö- ja automaatioalan yritykset ovat pyrkineet ottamaan huomioon ISO 14000 -sarjan standardit ja monelta niistä löytyy ISO 14001 -ympäristösertifikaatti.

### 3.3 Elinkaariajattelu ja -arviointi

Yksi tapa arvioida tuotteen ekotehokkuutta on elinkaariajattelu. Elinkaarella tarkoitetaan tuotteen tai palvelun kaikkia vaiheita materiaaleista loppusijoitukseen. Elinkaariajattelussa otetaan huomioon kaikki tuotantoon liittyvät osatekijät käytetyistä materiaaleista ja tuotantotavoista, energiaan ja päästöihin asti, sekä huomioidaan niiden hyödyntäminen ja loppukäsittely.

Osa elinkaariajattelua on myös selvittää materiaalien alkuperä ja tarpeellisuus tuotannossa osana tuotannon ympäristöystävällisyydenarviointia. (SFS-EN ISO 14040:2006.)

Elinkaariarvio eli LCA (Life Cycle Assessment) on standardoitu menetelmä arvioida elinkaaren aikana muodostuvia ympäristöhaittoja. ISO 14040 -sarjan standardit liittyvät elinkaariarvioinnin suorittamiseen.

Elinkaariarviointi voi olla avuksi esimerkiksi, kun vertaillaan samantyyppisten prosessien ympäristökuormitusta, yritetään tunnistaa, miten eri vaiheissa tuotteiden elinkaarta voidaan parantaa ympäristösuorituskykyä tai markkinoinnissa, kun tavoitteena on tehdä ympäristöväittämiä tai laaditaan tuotteelle ympäristöselostetta.

Tulee kuitenkin ottaa huomioon, ettei elinkaariarviointi sovellu kaikkiin tapauksiin parhaiten vaan luotettavamman ja käyttökelpoisemmat tulokset saadaan muilla ympäristöasioiden hallintatekniikalla.

Laaja kokonaisvaltainen elinkaariarvio on myös hyvin laaja ja työlästä toteuttaa, jolloin voi olla järkevämpää käyttää yksinkertaistettua elinkaariarviota, jolloin huomio kiinnitetään vain tärkeimpiin elinkaaren osiin tai ympäristövaikutuksiin.

### 3.4 Energiatehokkuus

Energiatehokkuus on osa ekotehokkuutta ja monesti sitä ajatellaan yksittäisenä keinona vähentää ympäristörasitusta ja siihen keskitytään vaikka tavoitteena olisi kokonaisvaltainen ekotehokkuus.

Keskityttäessä pelkään energiatehokkuuteen otetaan huomioon vain hyvin pieni osa tuotteen tai koneen elinkaaresta. Kauaskantoisissa ympäristösuunnitelmissa energiatehokkuuteen keksittyminen on kapea katsontakanta, koska materiaalivalinnat ja kierrätettävyyys ovat tärkeitä osioita ekotehokkuudessa.

Teollisuuden energiatehokkuus painottuu energiatehokkaiden komponenttien ja laitteiden käyttöön ja koneen käytön optimointiin. (VEM:n www-sivut 2012)

Tämä korostuu varsinkin silloin, kun tehdään koneita ja laitteita muun teollisuuden käyttöön, jolloin osavastuu muiden energiakuormasta on myös laitteen valmistajalla.

### 3.5 Ekotehokkuusnäkökulma toimeksiannossa

Ekotehokkuuden parantamisessa on useita vaihtoehtoja, jota tätä toimeksiantoa ajatellen loogisia ovat:

- energiasäästö
- kuljetusmatkojen lyhentäminen
- tuotteiden käyttöiän pidentäminen
- toimintatapojen muutokset
- jätteiden käsittely

Pyrittäessä kohti ekotehokasta käärintäkonetta tulee ottaa huomioon myös alihankkijoiden ja komponenttitoimittajien ekotehokkuus.



## 4 EKOTEHOKAS SÄHKÖSUUNNITTELU

### 4.1 Tiedonsiirto

Aiemmin tehollisuudessa on käytetty hyvin paljon keskitettyä I/O ,tiedonsiirtoa, jossa jokaiselle tulolle ja lähdölle oli omat johtimet. Nykyiseellään suurin osa teollisuusautomaatiosta suunnitellaan käyttämään erilaisia väylätekniikoita tai teollista Ethernetiä.

Näiden edut verrattuna aiempaan ovat selkeät.

- pienemmät kaapelointimäärät
  - asennuskustannukset laskevat
  - materiaalikustannukset laskevat
  - virhekytkentöjen määrä pienenee
- helpompi huolto ja ylläpito
- järjestelmän laajentaminen ja muuttaminen juostavampaa

#### 4.1.1 Tiedonsiirron ekotehokkuus

Edellisessä kappaleessa mainitut kaikki edut vaikuttavat osaltaan tiedonsiirrossa ekotehokkuuteen. Voidaankin helposti todeta, että aiempaan nähden nykyiset tiedonsiirtotavat ovat ekotehokkaampia.

Ekotehokkuuteen vaikuttavat myös tekniikan luotettavuus. Komponenttien kestävyys ja tiedon saaminen perille haastavissa olosuhteissa tulee ottaa huomioon. Vikatilanteet viat saattavat aiheuttaa materiaalihävikkiä tai konevaurioita.

Tämä näkyy selvimmin Ethernet -ratkaisujen kohdalla. Toimisto- ja teollisuus-Ethernet poikkeavat eniten käytettyjen komponenttien kohdalla.

Tehokkaasta tiedonsiirrosta saadaan kaikki hyöty myös ehotehokkuusmittarilla mitattuna irti, kun ohjelmalogiikat ovat ensiluokkaisia ja ohjelmoitu mahdollisimman kevyesti.

Haloilan tulisi tiedonsiirrossa keskittyä niin ohjelmoitujen logiikoiden täyden potentiaalin hyödyntämiseen kuin siihen, että tiedonsiirtotavoissa käytetään konetyypistä riippumatta uusia tehokkaita tiedonsiirtomenetelmiä.

#### 4.1.2 Tiedonsiirron tulevaisuus

Tulevaisuudessa tiedonsiirrossa teollisuudessa mahdollisuuksien mukaan siirrytään IWLAN:n (teollisuuden langaton lähiverkko). Itse WLAN-teknologia ja -protokollat ovat kansainvälisesti standardoitu IEEE 802.11 -standardilla. Kuitenkaan suoraan teollisuuskäyttöön vaadittavia määrittäviä ei kyseisestä standardista löydy. Tämä johtuu siitä, että teollisuusympäristössä sähkömagneettisten häiriöiden määrä on suuri ja koska automaation vaatima reaaliaikaisuus ja tiedonsiirron vaatimukset ovat kriittisempiä.

Laitevalmistajat ovatkin tehneet useita parannuksia IWLAN:n, että sitä voidaan käyttää teollisessa automaatioympäristössä. Teollisuusympäristön häiriötekijöiden mahdollisuus vaikuttaa tiedonsiirtoon on minimoitu. Sen lisäksi komponentit ovat tukevarakenteisempiä ja teollisuusympäristön vaatimukset mm. pölytiivisyys on huomioitu niitä suunniteltaessa.

IWLAN etu nähden teollisuus-Ethernetiin on se, että tiedonsiirtoa voidaan tehdä useammalla eri taajuusalueeseen langattomalla verkolla, kuten WLAN, GSM ja GPRS, samanaikaisesti.

IWLAN heikkous nykyisiin tiedonsiirtotapoihin nähden on tietoturvariskit, joihin kuitenkin on tavalliseen WLAN:n nähden kiinnitetty enemmän huomiota. (Siemens www-sivut 2013)

## 4.2 Moottorit

Maailmassa on satoja miljoonia sähkömoottoreita. Ne ovat suurin sähkön yksittäinen kuluttaja teollisuudessa ja on arvioitu, että sähkömoottorit kuluttavat 60-70 % teollisuuden käyttämästä sähköenergiasta. Moottorien käytön tehostaminen onkin suurin yksittäinen teollisuuden energiansäästömahdollisuus. (Motivan www-sivut, 2012)

Moottorin valinnassa yksi ratkaiseva valintaperuste on moottorin energiatehokkuus. Aiemmin vakimoottorit kuuluivat IE1-moottoriluokkaan (aiemmin EFF2) ja energiatehokkaampia ratkaisuja haluavat saattoivat käyttää IE2- (aiemmin EFF1) ja IE3-moottoriluokkiin kuuluvia energiatehokkaampia ja suuremmalla hyötysuhdevaatumuksella varustettuja moottoreita.

Nykyään IE1-moottoreista on luovutta kokonaan ja siirrytty pareman hyötysuhdeluokan moottoreihin.

Siirtyminen energiatehokkaampiin moottoreihin on tuonut myös muita hyötyjä. IE2- ja IE3-sähkömoottoreilla on IE1-moottoreita pidempi käyttöikä ja ne tuottavat vähemmän hukkalämpöä. (VEM:n www-sivut 2012)

Euroopan yhteisöjen komissio on antanut 22.7.2009 asetuksen N:o 640/2009, joka koskee Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin 2005/32/EY täytäntöönpanemista sähkömoottoreiden ekologista suunnittelua koskevien vaatimusten osalta EU:n jäsenmaissa. Direktiivi pohjaa Kansainvälinen sähköalan standardoimisjärjestö IEC vuonna 2008 julkaisemaan IEC60034-30 standardiin, joka kattaa suuremman osan moottoreista kuin aiempi moottoristandardi.

Asetuksen ensimmäisen vaiheen mukaan 16.6.2011 alkaen kaikkien moottorien, joiden nimellisteho on 0,75–375 kW on hyötysuhteeltaan oltava IE2-luokan vaatimuksia vastaavia. Vaihe 2. tulee olla toteutettuna 1.1.2015 ja vaihe 3. 1.1.2017 mennessä. Direktiivi edellyttää, että 2. vaiheessa

nimellisteholtaan 7,5–375 kW moottoreiden tulee kuulua IE3-moottoriluokkaan tai vaihtoehtoisesti sen on oltava IE2-moottoriluokkaan kuuluva ja varustettuna taajuusmuuntajalla. Vastaavasti 3. vaiheessa myös nimellisteholtaan 0,75-7,5 kW tulee olla IE3-moottoriluokkaan kuuluvia tai vaihtoehtoisesti IE2-moottoriluokkaan kuuluvia ja varustettuna taajuusmuuntajalla. (KOMISSIO ASETUS (EY) N:o 640/2009, 2009)

Haloila käyttää nykyään käärintäkoneissaan IE2-moottoriluokituksen täyttäviä sähkömoottoreita, joiden nimellisteho on 1,5-8,8kW. Moottorit on varustettu taajuusmuuttajilla. Näin ollen Haloilan käärintäkoneet täyttävät direktiivin vaatimukset ilman muutoksia myös 1.1.2015 ja 1.1.2017 jälkeen.

Vaikka sähkömoottoreihin liittyvien direktiivien ja standardien päivittymisen myötä on saatu aikaan energiasäästö, on sähkömoottorien kehitys maltillista. Kehitys moottoripuolen energiasäästöjä haettaessa tapahtuukin enimmäkseen taajuusmuuntajien ja ohjausmenetelmien puolella.

#### 4.2.1 Moottorin valinta

Eri valmistajat tarjoavat hyötysuhteiltaan hyvin samanlaisia moottoreilta IEC60034-30 -standardin ansiosta ja valmistajan valinnassa tuleekin kiinnittää energiatehokkuuden lisäksi muihin ekotehokkuuteen vaikuttaviin ominaisuuksiin kun tavoitteena on mahdollisimman ekotehokas lopputuote.

Muita vaikuttavia ominaisuuksia ovat:

- kestävyys
- korjausmahdollisuudet
- jäähdytysmenetelmät
- materiaalivalinnat
- toimitusmatkat

Moottorin valinnassa tulee huomioida se, että moottorin koko ja kierrosnopeus vaikuttavat moottorin hyötysuhteeseen.

Taulukossa 1. on verrattu neljää eri teholuokan VEM:n IE3-energiansäästömoottorin hyötysuhteita eri pyörimisnopeuksilla. Niitä tarkastellessa voidaan todeta, että paljon käytetyllä pyörimisnopeudella 1500 rpm/min hyötysuhteet ovat paremmat kuin muilla pyörimisnopeuksilla samassa moottorikoossa. (VEM 2013, 2)

Taulukko 1 Esimerkkejä VEM:n pienten IE3-moottoreiden hyötysuhteista

<b>Teho (kW)</b>	<b>Hyötysuhde (%), pyörimisnopeus 1000 rpm/min</b>	<b>Hyötysuhde (%), pyörimisnopeus 1500 rpm/min</b>	<b>Hyötysuhde (%), pyörimisnopeus 3000 rpm/min</b>
1,5	82,5	85,3	84,2
3	85,6	87,7	87,1
5,5	88	90,4	89,2
7,5	89,1	90,4	90,1

Jos ei ole välttämätöntä käyttää muuta pyörimisnopeutta kuin 1500 rpm/min tulee pyrkiä toteuttamaan laite sillä tavalla, että voidaan käyttää kyseisellä pyörimisnopeudella olevaa moottoria.

Moottorin teho tulee valita mahdollisimman optimaaliseksi, mielummin yläkanttiin kuin alakanttiin ja säätää sitten moottoria taajuusmuuntajalla. Tällä valinnalla voidaan saada aikaan energiasäästöä ja tarpeen vaatiessa moottoria pystytään käyttämään suuremmalla tehoa-alueella.

Moottorin valintaan vaikuttaa myös hinta ja vaikka IE3-sähkömoottorit ovat kalliimpia kuin aiemmin käytössä olleet IE1-sähkömoottorit niiden käyttökustannukset ovat pienemmät. Paremman hyötysuhteen omaavaan moottoriin investoimisen takaisinmaksuaika ei kuitenkaan saisi olla kohtuuttoman pitkä nähden käyttötunteihin ja -ikään.

Esimerkki:

Laiteisiin menee tällä hetkellä VEM:n IE2-WE1R 132 M4 sähkömoottori ja niiden korvaamista VEM:n IE3-W41R 132 M4 moottoreilla mietitään. (VEM 2013)

Molemmat moottorit ovat 7,5 kW moottoreita ja niiden pyörimisnopeus on 1500rpm.

Laskussa käytetään sähkön hintana 0,09 €/kWh. Sähkönhinnan mahdollista muutosta ei huomioida.

Moottoria tullaan käyttämään 12 h vuorokaudessa, laskennallisia työpäiviä kuussa on 25 ja laiteen arvioitu käyttöikä on 10 vuotta.

IE2 moottorin arvot:

Hyötysuhde  $\eta = 88,9\%$

Hinta 1 660€

IE3 moottorin arvot:

Hyötysuhde  $\eta = 90,4\%$

Hinta: 1 830 €

Energiankulutus vuorokaudessa

$$\text{IE2} \quad \frac{7,5kW}{0,889} \times 12h = 101,24 kWh$$

$$\text{IE3} \quad \frac{7,5kW}{0,904} \times 12h = 99,56 kWh$$

Energian säästö vuorokaudessa

$$101,24 \text{ kWh} - 99,56 \text{ kWh} = 1,68$$

$$1,68 \text{ kWh} \times 0,09 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} = 0,15\text{€}$$

Moottoreiden hankintahinnan erotus

$$1830\text{€} - 1660\text{€} = 170\text{€}$$

IE3-sähkömoottori hankkii hankintahinnan erotuksen takaisin

$$\frac{170\text{€}}{0,15\text{€}} = 1133 \text{ vrk} = \text{n. } 45 \text{ kk}$$

Energiankulutus 10 vuoden aikana

$$\text{IE2} \quad 101,24 \text{ kWh} \times 300 \times 10 = 303720 \text{ kWh}$$

$$303720 \text{ kWh} \times 0,09 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} = 27335\text{€}$$

$$\text{IE3} \quad 99,56 \text{ kWh} \times 300 \times 10 = 298680 \text{ kWh}$$

$$298680 \text{ kWh} \times 0,09 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} = 26881\text{€}$$

Säästö moottorien elinkaaren aikana

$$27335\text{€} - 26881\text{€} = 454\text{€}$$

Kun otetaan huomioon moottoreiden hintojen erotus ja moottoreiden elinkaaren aikana muodostunut säästö taloudelliset vaikuttimet vaihtaa moottori energiatehokkaammaksi eivät ole houkuttelevat.

Koska Haloilan käärintäkoneissa käytetään teholtaan pieniä moottoreita kautta linjan ja käärintäkoneiden käyttöajat vaihtelevat rajusti aina 1040h/vuosi tasolta aina maksimikäyttö aikaan 8455h/vuosi ei voida energiatehokkuudella ja kustannussäästöillä perustella kaikkien moottorien vaihtamista IE2-sähkömoottoreista IE3-sähkömoottoreihin.

#### 4.2.2 Taajuusmuuttajat

Taajuusmuuttajilla voidaan säätää moottorin pyörimisnopeutta ja vääntömomenttia portaattomasti. Näiden ominaisuuksien ansiosta saadaan energiankulutus kohteessa reilusti pienemmäksi verrattuna suorakäyttöön.

Puhdas energiasäästö ei ole ainoa etu tai parannus, joka voidaan taajuusmuuttajilla saada aikaan.

Muun muassa yleisesti prosessin tehokkuus nousee samalla kuin moottorikäyttöjen säätöjen ollessa tarpeen mukaisia ja tarkkoja. Taajuusmuuttajia käytettäessä käynnistysvirta pienenee, jolloin moottorilähdöt ja kaapeloinnit voidaan mitoittaa pienemmiksi.

#### 4.2.3 Jarrutus

Niissä tilanteissa kun taajuusohjatulla moottorilla halutaan nopeita hidastuksia, moottori muuttuu generaattoriksi helposti.

Taajuusmuuntajan välipiiriin virtaa tällöin moottorin tuottamaa tehoa aiheutaen jännitteen nuosun välipiirissä, jota taajuusmuuntajan jännitesäätäjä pyrkii kompensoimaan nostamalla lähtötaajuutta.



Hidastuvuus riippuu tällöin moottorin ja käytön häviöstä sekä siitä, kuinka paljon taajuusmuuttuja kykenee kuluttamaan jarrutusenergiasta, jonka moottori tuottaa.

Kun tarvittava hidastus on suurempi kuin mitä häviöillä voidaan saavuttaa ja moottorin pystyttävä jarruttamaan suuremmalla teholla on käytettävä vastusjarrutusta. Vastusjarrutus muodostuu niin sanotusta jarrukatkojasta ja jarruvastuksesta, jossa ylimääräinen jarrutusenergia muuttuu lämmöksi. (Vacon, 2000)

Haloilan käärintäkoneissa käärintäsyklin aikana on useita toistuvia nopeita pysäytyksiä ja hidastuksia, jotka vaativat sen, että käytöt ovat vastusjarrutuksellisia.

Niissä tilanteissa, joissa konemallista tehdään Speed Up -versio kasvatetaan jarruvastuksen kokoa ja energiahävikki kasvaa.

Jarrutuksessa lämpönä hukattua energiaa voidaan varastoida ja käyttää hyödyksi erilaisin menetelmin.

Aiheesta on Hämeen Ammattikorkeakoulussa Jari Nurmen toimesta tehty Haloilalle opinnäytetyö ”Tutkimus lavankäärintäkoneen oikosulkumoottorien jarrutusenergian varastoinnista ja uudelleen käytettäväksi”.

Kyseisen opinnäytetyön tavoitteena on ollut selvittää onko MSc Electronics Oy:n valmistama liitäntäkonvertteri soveltuva käärintäkoneen jarrutusenergian talteenottoon ja sen hyödyntämiseen moottorin kiihdytysvaiheessa.

Voidaan todeta, ettei energianhinnan ollessa alhainen jarruenergian talteenotto kannata edes käärintäkoneen tehoarvoiltaan suurimpien moottoreiden kohdalla. Saatava energiansäästö ei tuo investoinnin hintaan nähden järkevää taloudellista säästöä koneen käyttöänsä aikana.

On todistettu, että jarruenergian talteenotto ja käyttäminen uudelleen on teoreettisesti käärintäkoneiden kohdalla mahdolliseksi. Jos käärintäkoneiden moottorikoot kasvavat suurempien kapasiteettivaatimusten vuoksi jarruenergian uudelleenkäyttöä voidaan harkita ja sen kannattavuutta laskea uudelleen. (Nurmi, 2009)

#### 4.3 Komponentit

Komponenttien ekotehokkuus ja materiaalitehokkuus ovat sähkösuunnittelussa yksi ekotehokkuudessa huomioonotettavista asioista.

Pyrkiessään kohti ekotehokkaampaa käärintäkonetta on Haloilan otettava huomioon myös komponenttivalmistajien ekotehokkuus ja mietittävä kuinka paljon sille halutaan antaa painoarvoa.

Yksi tapa minkä avulla voidaan seurata komponenttivalmistajien ekotehokkuutta on yrityksille myönnetty ISO 14001 -ympäristösertifikaatit. Ne kertovat selkeästi siitä, että ympäristöasiat on valmistajalla otettu huomioon.

Haloilan käyttämien komponenttien valmistajista ainakin seuraavilla yrityksiltä löytyy ISO 14001 -ympäristösertifikaatti

- Siemens Oy (Siemens kotisivut 2012)
- Rockwell Automation AG (Rockwell Automation kotisivut 2012)
- Phoenix Contact GmbH & Co (Phoenix Contact kotisivut 2012)

##### 4.3.1 Komponenttien määrä

Materiaalitehokas suunnittelu on ekotehokasta suunnittelua ja käärintäkoneen kohdalla materiaalitehokkuutta voidaan lähestyä kahdelta suunnalta. Käärimisissä käytetään vähemmän materiaalia tai käärinkoneessa itsessään käytetään vähemmän materiaalia.



Sähkö- ja automaatio suunnittelun kannalta materiaalitehokkuudessa olennaista on sähkökeskuksissa käytettävien komponenttien määrä. Haloila käyttää komponentteja joille on muitakin vaihtoehtoja, joiden materiaalkuorma olisi pienempi. Kuitenkin toisiin ratkaisuihin siirtyminen ei ole yksiselitteistä, koska huomioon tulee ottaa myös komponenttien kestävyys ja yhteensovittaminen muiden komponenttien kanssa.

#### 4.3.2 Ohjauspaneelit

Haloila käyttää käärintäkoneissaan muutamien valmistajien kosketusnäyttöjä ohjauspaneelina. Asiakkaan toiveesta kyseiset komponentit voidaan vaihtaa toisen valmistajan kuin mitä koneessa on vakiona.

Suurin osa Octobus-käärintäkoneiden näytöistä on SNT (LCD)-näyttö ja vain asiakkaan erillisestä pyynnöstä ne ovat TFT (LCD) -näyttöjä.

Myös pienemmissä koneissa käytettävät näytöt ovat SNT-näyttöjä. Monet näytöistä ovat mustavalkonäyttöjä.

SNT	TFT
	
<input type="checkbox"/> Heikompi kuvanlaatu	<input type="checkbox"/> Parempi kuvanlaatu
<input type="checkbox"/> Huono värikylläisyys	<input type="checkbox"/> Parempi kirkkaus
<input type="checkbox"/> Halvempi	<input type="checkbox"/> Parempi värikylläisyys
<input type="checkbox"/> Energiatehokkaampi	<input type="checkbox"/> Kalliimpi
<input type="checkbox"/> Kestää lämpötilavaihteluja paremmin	<input type="checkbox"/> Virheherkempi

Kuvio 1 SNT- ja TFT-näyttöjen keskeiset erot

Kuviossa 1 on kerrottu LCD-näyttöjen keskeisistä eroista.

TFT näytöllä saatavat edut kuten parempi kuvanlaatu, kirkkaus ja värikylläisyys, eivät ole teollisuusympäristössä ja käärintäkoneen käytettävyyden suhteen tärkeitä ominaisuuksia. Tekniikasta johtuen se on kalliimpi ja vaatii enemmän virtaa. Myös näytössä olevat virheet, kuten pikselivirheet, ovat yleisempiä. se ei myöskään kestä vaihtuvia tai kylmiä lämpötiloja yhtä hyvin kuin SNT-näyttö.

Näin ollen voidaan pitää järkevänä, että käärintäkoneisiin valitaan SNT-näyttöjä ja niitä suositellaan myös asiakkaille, jos normaalisti koneeseen kuuluva näyttö asiakkaan toimesta halutaan vaihtaa.

Osa asiakkasta haluaa selkeästi isomman näytön kuin mitä käärintäkoneessa normaalisti on ja näissä tilanteissa TFT-näytön valitseminen on käyttömukavuuden kannalta järkevää.

Ohjauspaneeleissa ei ole eri valmistajilla selkeitä eroja ekotehokkuuden kannalta, kun puhutaan mahdollisimman samanlaisista tuotteista.

Ohjauspaneeleissa ekotehokkuutta voidaan mitata lähinnä eri mallien välillä.

Käärintäkoneen käytettävyys asettaa tietyt vaatimukset ohjauspaneelille ja nykyiset ohjauspanelit on mitoitettu optimaallisesti käyttöä ajatellen.

Mallit, joita voitaisiin sanoa ekotehokkaammiksi eivät ole käyttöä ajatellen riittävät. Ekotehokkuudeltaan heikompien mallien käyttö ei tuo parempaa käytettävyyttä.

Näyttöpanelin osalta energian kulutusta voidaan vähentää käyttämällä näytönsäästäjätoimintoa esimerkiksi viiden minuutin viiveellä. Monilla käärintäkoneilla pakataan samaa tuotetyyppiä niin, ettei käärintäohjelmaa tarvitse vaihtaa lavojen välissä ja tällöin näyttön meneminen virransäästötilaan ei haittaa käärintäkoneen käyttöä tai pienennä sen käytettävyyttä.

#### 4.4 Sähköpiirrustukset ja yhteistyötahot

Haloilan lavankäärintäkoneiden sähkösuunnittelu ja sähköpiirrustukset ovat yrityksen oman sähkösuunnitteluosaston työtä. Piirrustuksista osa piirretään tällä hetkellä DWG Editor:lla ja osa EPLAN Electric P8:lla

Haloila valmistaa käärintäkoneiden sähkökeskukset ja johtosarjat alihankintana Suomesta pitkäaikaisilta yhteistyökumppaneillaan. Alihankkijoille toimitetaan tarvittavat sähkökuvat ja osaluettelot sähköisessä muodossa.

Haloila pyrkii yhdessä sähkökeskusten toimittajan kehittämään sähköpiirrustuksia, sähkökeskuksia ja yhteistyörajapintaa jatkuvasti. Tämän myötä käärintäkoneen sähkökeskuksen ja siihen liittyvien toimitojen toivotaan olevan selkeämpi ja tehokkaampia, myös ekotehokkuudeltaan.

Sähkökeskusten kohdalla sattuu jonkin verran virheitä, joiden korjaaminen ei ole taloudellisen lisäksi ekotehokastakaan. Ne tulisi saada kiinni viimeistään alihankkijalla lopputarkastuksessa.

Kyseessä voi olla esimerkiksi vääränlainen komponentti, joka johtuu osaluettelon laatimisesta tai lukemisesta tulleesta virheestä.

Vaihtokomponentti saatetaan toimittaa erikseen Haloilan Maskun tehtaalte, jos samana päivänä ei ole muita kuljetuksia alihankkijalta Haloilalle. Tällöin kuljetus tuottaa turhaa ylimääräistä ympäristörasitusta, jota tulisi mahdollisuuksien mukaan välttää.

Ylimääräiset kuljetukset voidaan yleisten komponenttien, kuten tiettytyyppisten kytkimien, kohdalla estää pitämällä pientä muutaman komponentin varastoa kokoonpanotiloissa.

Tällöin uudet komponentit voidaan toimittaa alihankkijalta esimerkiksi seuraavan normaalitoimituksen yhteydessä. Samalla koneen eteneminen aikataulussa ei vaarannut.

#### 4.4.1 EPLAN Electric P8

Siirtyminen kokonaan EPLAN Electric P8 käyttämiseen sähköpiirrustusten laatimisessa voi vaikuttaa positiivisesti käärintäkoneen ekotehokkuuteen. Tästä ei kuitenkaan ole täyttä takuuta ja vaikutuksia on hyvin vaikea mitata kokonaisvaltaisesti.

Oletettavaa hyötyjen valossa on kuitenkin, että pitkällä tähtäimellä ohjelmaan siirtyminen tuo jonkin verran sekä taloudellista, että ekologista hyötyä.

Kyseisen ohjelman käyttöönotosta koituvat hyödyt

- Sähköpiirrustusten ja osaluetteloiden toimittaminen keskusvalmistajalle helpottuu ja virheiden mahdollisuus pienenee

- Osaluettelon luominen helpottuu, jolloin osaluettelossa ei olisi niin helposti puutteita (ylimääräisiä tai puuttuvia osia)
- Sähkökuvat muuttuvat yksiselitteisemmiksi ja selkeämmiksi, virhemarginaali pienenee
- Johtimien pituudet määrittyvät optimipituuksiin, kaapelia ja johdinta säästyy

#### 4.4.2 Sähkökeskustoimitukset

Sähkökeskusten toimitus alihankkijalta Haloilan toimipisteelle Maskuun tapahtuu maantiekuljetuksena. Sen siirtäminen ekologisempiin vaihtoehtoihin, kuten rautatiekuljetuksiin, ei ole logistisesti mahdollista, mutta kuljetusten ympäristöystävällisyyteen voidaan panostaa.

Tavarankuljetus- ja logistiikka-ala on solminut elinkeino- ja työministeriön, liikenne- ja viestintäministeriön ja ympäristöministeriön kanssa energiatehokkuussopimuksen, jolla tavoitellaan yhdeksän prosentin energiansäästöä vuosien 2001–2005 keskimääräisestä kulutuksesta vuoteen 2016 mennessä. Tavoitteena on saada 60 prosenttia tavaraliikenteen yrityksistä tai rekisteröidyistä ajoneuvoista noudattamaan vapaaehtoisuuteen perustuvaa sopimusta. (Valtion ympäristöhallinto 2012)

Haloila ja alihankkija voivat vaikuttaa omalta osaltaan kuljetuksen ekologisuuteen suosimalla sopimusta noudattavaa tavaratoimittajaa.

Sen lisäksi, että suosimalla mahdollisimman ekologisesti toimivaa tavarantoimittajaa suuri vaikutus on myös toimitusten tehokkaalla suunnittelulla. Kun toimituksen toimivat tehokkaasti ajomäärät pienevät, joiden seurauksena saatujen ympäristöetujen lisäksi laskevat mm. polttoainekustannukset.

Haloila on pyrkinyt panostamaan tehokkaaseen toimitukseen alihankkijoidensa kanssa ja järjestämään toimitukset ekologisesti.

Tavoitteena on, että sähkökeskuksia toimittaisiin Maskuun vain useampi kerrallaan esimerkiksi kerran viikossa. Yksittäisten sähkökeskusten toimittamista tulee välttää. Sähköpiirrustusten valmistumiselle ja sähkökeskuksen toimittamiselle annettujen deadlinejen tulisi tukea tätä järjestelmää.

Näin yksittäisen sähkökeskuksen ympäristökuormitus laskee ja elinkaarensa aikana käärintäkoneesta tulee ekotehokkaampi.

Sähkökeskuksen viivästyminen yhteiskuljetuksesta johtuu usein suuresta sähkökeskusten määrästä valmistuksessa, normaalia tiukemmasta aikataulusta tai normaalista poikkeavista komponenteista tai sähkökaapista.

Myös sähköpiirrustusten myöhästyminen saattaa olla syy siihen, ettei sähkökeskusta voida toimittaa muiden kaappien kanssa samanaikaisesti.

Varsinkin ns. kiireaikataululla toteutetut käärintäkoneet ovat suurella todennäköisyydellä elinkaarensa tässä vaiheessa ekotehottomampia kuin ns. normaalilla aikataululla valmistuneet käärintäkoneet.

Myynnin ja suunnittelun tulisikin tehdä yhteistyötä, ettei turhaa kuormaa pääsisi syntymään suunnitteluun, valmistukseen ja testaukseen. Yhden osa-alueen tukkeutuminen vaikuttaa muihin ja saattaa vaikuttaa negatiivisesti lopputuotteen laatuun ja ekologisuuteen.

Kuljetukseen liittyen yhteenvetona voidaan todeta, että kun tavoitteen on mahdollisimman ekotehokas käärintäkoneen tulee kiinnittää huomiota siihen, että vältetään liiallista kuormaa sähkösuunnittelussa, että sähköpiirrustukset saadaan ajallaan ja, että alihankkijalle valmistukseen annetaan riittävästi aikaa, varsinkin jos käärintäkone poikkeaa peruskoneesta jollain tavalla.



## 5 KÄÄRINTÄKONEEN ENERGIANKULUTUS KÄYTÖSSÄ

Ekotehokas käärintäkone käyttää mahdollisimman vähän energiaa käynnissäoloaikanaan. Käytön kannalta mielenkiintoisia kohtia ovat yhden lavan käärintään kuluva energiamäärä, energian kulutus pidemmällä aikavälillä ja myös lepotilassa kulutettava energiamäärä.

Lepotilassa kulutettavan energiamäärä kannattaa selvittää, että pystytään arvioimaan kuinka paljon energiaa käärintäkone kuluttaa, jos se jätetään pidemmiksi ajoiksi päälle ilman syytä. Esim. käärintäkoneen sammuttaminen vuorojen väliseksi ajaksi, jos tehtaalla työskennellään muussa kuin kolmivuorotyössä, voi vuodessa tuoda suuria energiansäästöjä ja sitä kautta taloudellista hyötyä.

Vertaamalla eri aikoina tehtyjä käärintäkoneiden energiankulutuksen liittyviä mittaustuloksia pystytään seuraamaan ovatko tehdyt muutokset vaikuttaneet käärintäkoneen energiankulutukseen odotetulla tavalla.

Muutoksia ei kuitenkaan tule pohtia vain energiansäästön näkökulmasta vaan myös elinkaariajattelun kautta, että voidaan arvoida onko koko muutos ekotehokas.

Mittauksia olisi hyvä suorittaa aina sen jälkeen kun suunnittelupuolella on tullut isoja muutoksia jotka voivat tai joiden toivotaan aiheuttavan muutoksia energiakulutuksessa.

### 5.1 Vanhat mittaustulokset

Haloilan käärintäkoneille on tehty energiankäyttämittauksia ennen uuden moottoridirektiivin voimaantuloa ja moottorityyppien vaihtamista. Uusia tulevia

mittauksia tulee verrata näihin tuloksiin, että voidaan todeta onko moottoridirektiivin myötä tulleista muutoksista ollut todellista hyötyä käärintäkoneen energiatehokkuudelle.

## 5.2 Uudet mittaukset

Uusien mittausten tulee olla riittävän laajat, että niistä on mahdollisimman paljon hyötyä. Niistä tulisi selvittää vähintään kaikki samat asiat kuin vanhoista mittaustuloksista, että ne olisivat niiltä osilta vertailukelpoiset.

Liitteenä 1 on esimerkki mittauspöytäkirjapohjasta, jonka perusteella voidaan uutta mittausta lähteä suunnittelemaan.

On ensisijaisen tärkeää, että mittauspöytäkirjat ovat helposti täytettäviä, selkeitä ja kaikki tarpeelliset tiedot voidaan täyttää lomakkeeseen helposti ilman, että marginaaleihin tulee ylimääräisiä merkintöjä.

Mittauspöytäkirjasta tulee löytyä perustietojen kuten mittausten suorittajan nimen, päivämäärän ja konetyypin lisäksi ainakin seuraavat asiat:

- lisävarusteet
  - lavannostin
  - puristin
  - päälikalvo
  - manipulaattori
  - logowrap
- kierroksen aikana kulunut energia – mitataan kierroksen aikana kulunut energia
- kierrokseen kulunut aika – merkitään ylös kierrokseen koneen mukaan kulunut aika
- käynnistyksessä tarvittava virta – mitataan käynnistyksen yhteydessä kuluva virta
- lepotilavirta - mitataan lepotilassa olevan koneen virrankulutus

- käärintätapa
  - ylhäältä alas
  - alhaalta ylös
  - tuplkalvo

Mittauksia kannattaa tehdä mahdollisimman laajasti eri lisävarusteilla saman konetyypin sisällä, jolloin nähdään vaikuttavatko esimerkiksi päälikalvon käyttö oleellisesti koneen energiankulutukseen.

Haloilan sähkösuunnittelijoiden kokemuksen mukaan koneen käyttöä suunniteltaessa osa asiakkaista haluaa selvittää kuinka vähäisellä grammamäärällä kalvoa saadaan tyydyttävä ja kuljetusta kestävä käärintä aikaiseksi.

Tätä taustaa vastaan voidaan olettaa, että myös käärintätavan mahdollinen vaikutus energiankulutukseen kiinnostanee osaa asikkaita.

## 6 KÄYTTÖIKÄ JA KÄYTÖSTÄ POISTAMINEN

Haloilan käärintäkoneiden käyttöikä vuosissa ja työtunneissa vaihtelee huomattavasti asiakkaalta toiselle. Teollisuudesta löytyy asiakkailta tehdyn tiedustelun perusteella edelleen käytöstä yli 25 vuotiaita koneita.

Käärintäkoneen käyttöikään vaikuttaa mm. asiakkaan käyttötarve, käyttöasteesta, käyttökohteen olosuhteet ja konetyyppi. Osa käärintäkoneista on ympäristön kannalta hyvin rasittavissa olosuhteissa, esim. ympäristössä, jossa lämpötilan on miinuksella tai, joka on hyvin pölyinen. Tämä vaikuttaa käärintäkoneen tiettyjen mekaanisten osien ja sähkökomponenttien kestävyys.

Ajallaan hoidetuilla ennakoivalla huollolla, huolto-ohjelman ulkopuolella rikkoutuneiden osien korvaaminen laadukkailla komponenteilla ja päivityksillä voidaan pidentää käärintäkoneen käyttöikää.

### 6.1 Päivitykset

Haloilala tehdyn sähkösuunnittelijoiden haastattelun perusteella Haloila tekee tasaisesti jo toimitettuihin käärintäkoneisiin päivityksiä asiakkaiden tilauksesta.

Päivitykset ovat laajuudeltaan ja tyypiltään erilaisia, sekä niiden vaatimat komponenttimäärät ja työtunnit vaihtelevia.

Päivityskohteina ovat 1-20 vuotta vanhat käärintäkoneet.

Päivitykset voidaan jakaa karkeasti kolmeen eri luokkaan:

1. lisätään käärintäkoneen ominaisuuksia
2. vaihdetaan muutamia osia käärintäkoneeseen

### 3. vaihdetaan käärintäkoneen keskus

Ensimmäisessä luokassa tapahtuvat muutokset tehdään suhteellisen uusiin käärintäkoneisiin ja joihinkin päivitystilaus tehdään välittömästi käärintäkoneen toimittamisen ja käyttöönoton jälkeen.

Päivityksinäkin lisäominaisuuksista menevinä kokonaisuuksista yleisiä ovat lavannostin ja puristin, muita ovat kuljettimet, turvaverhot, LOGO WRAP, erillaiset päälikalvosovellukset ja manipulaattori.

Toisessa luokassa suurin osa päivityksistä on vanhempiin käärintäkoneisiin tehtäviä saumaimien ja logiikkojen päivityksiä.

Kolmannessa luokassa vaihdetaan koko keskuskaappi.

Kun keskuskaappi tai logiikka vaihdetaan, ei vaihdeta käärintäkoneen johtosarjoja. Tällöin keskuskaappiin ja ohjelmaan tehdään tarvittaessa muutoksia, jotta vanhaa johtosarjaa voidaan käyttää.

Varisinkin ensimmäisen ja toisen luokan päivitystöiden ensisijainen tarkoitus on saada käärintäkoneelle lisää käyttöikää ja saada se vastaamaan käärittävän tuotteen ja nykypäivän pakkaamisen, kuljetuksen ja varastoinnin asettamia vaatimuksia.

Ekotehokkuuden kannalta tämä on hyvä asia, koska mitä pidemmäksi käyttöikä saadaan sitä pienempi on itse käärintäkoneiden aiheuttama materiaalityö ja jätemäärä.

Kun vaihdetaan koko käärintäkone tai sen keskus uuteen energiatehokkaampaan ratkaisuun saavutetaan jonkin verran energiasäästöä. Keskusta vaihtaessa kaikkea mahdollista energiasäästöä ei välttämättä tavoiteta vanhan johtosarjan vuoksi.

Kuitenkaan keskuksen muutos ei täytä ekotehokkuuden vaatimuksia sähkösuunnittelun osalta paremmin kuin koko käärintäkoneen vaihto, koska vanhoja komponentteja ei käytetä. Päivityksestä syntyvä sähkökomponenttien tarve ja niistä muodostuva jätemäärän ei oleellisesti muutu vaikka koko käärintäkone vaihdettaisiin.

Kokonaiskuvaa varten tulee kuitenkin huomioida myös kuljetuksesta tuleva ekologinen kuorma, joka on pienempi jos korvataan pelkkä kaappi.

## 6.2 Kierrätys ja jäte

Suomen jätelaki edellyttää jätteiden hyödyntämistä ja sen keskeisinä tavoitteina on ehkäistä jätteiden syntyä, edistää materiaalien hyödyntämistä ja vähentää haittoja. Tämän lisäksi jätehuoltoa Suomessa säätelee joukko muita lakeja, direktiivejä ja asetuksia. Monissa maissa on vastaavan sisältöisiä lakeja ja direktiivejä. (Lassila & Tikanoja 2012, 6)

Elinkaarensa loppuvaiheessa käärintäkoneen poistuessa käytöstä käärintäkoneen ekologinen kuorma on suuri. Siinä käytetyt komponentit tulee kierrättää mahdollisimman tehokkaasti ja ongelmajätteeksi luokiteltavat osat hävittää asianmukaisesti.

Jätteen määrään syntymiseen voidaan tehokkaimmin vaikuttaa suunnitteluvaiheessa, jolloin komponentin mahdollisuuksien mukaan korvataan pienemmillä komponenteilla tai useamman toiminnan suorittavilla komponenteilla.

Yksinkertaistettuna hyvin suunniteltu tuote on sellainen, että se voidaan hyödyntää materiaaleja kierrättämällä tai hyödyntää energiaa. Myös yhtiön

omassa toiminnassaan syntyvää jätemäärää tulee pyritä hallitsemaan samojen periaatteiden mukaisesti.

#### 6.2.1 Kierrätys omassa sähkösuunnitteluun liittyvässä toiminnassa

Haloilalta voidaan ottaa käärintäkoneen koeajotestauksessa käytettävä ITWMiman oma polyeteenistä valmistettu kalvo. Kalvo on valmistettu kierrätysmateriaalista ja Maskun tehtaalla kalvot kerätään ja kierrätetään uudelleen kalvoksi. Testauksen yhteydessä kalvoista muodostuva jätemäärä olisi huomattava ilman kierrätystä.

#### 6.2.2 Kupari

Haloilan käärintäkoneissa käytetään paljon kuparijohtimia, joka on kierrätyksen kannalta hyvä asia. Kuparin kierrätysaste on maailmalla hyvin korkea ja käytetty tuota vastaa noin puolta uuden tuotteen arvosta, joka kannustaa kierrättämään.

Kuparin käytöstä ja kierrätyksestä erittäin ekotehokasta tekee se, että samalla kun säästetään luonnonvaroja tulee myös energiasäästöä.

Malmia tarvitsee luohia vähemmän kierrätyksen ansiosta ja kierrätykseen kuluva energia on n. 10% siitä energiämäärästä, mikä menee malmin muokkaamiseen valmiiksi tuotteeksi. (Kupari [www-sivut](#) 2012)

## 7 YHTEENVETO

Ekotehokkuus on monitahoinen asia jo pelkästään, kun automaatiokonetta, tässä tapauksessa käärintäkonetta, katsotaan automaatio- ja sähkösuunnittelun kannalta. Se ei kuitenkaan anna tarpeeksi totuudenmukaista kuvaa koko laitteen ekotehokkuudesta, ja muut koneen osa-alueet voivatkin vaikuttaa hyvin negatiivisesti koneen ekotehokkuuteen. Jotta voisi saada kokonaiskuvan tilanteesta, tulisi aina suorittaa koko koneen kattava tarkastelu.

Jokaisen automaatio- ja sähkösuunnittelijan tulisi nykyisessä energia- ja luonnonvaratilanteessa kiinnittää yhä enemmän huomiota työssään ekologisiin ja energiatehokkaisiin ratkaisuihin. Myös koneen käyttöön ja huoltoon liittyvään ohjeistukseen tulee panostaa, että asiakkaat saavat kaiken suunnittelun tarjoaman hyödyn irti koneesta.

Moottoreihin, taajuusmuuntajiin, tiedonsiirtotapoihin ja koneen päivitettävyyteen liittyvät päätökset ovat ratkaisivimmassa osassa teknisistä ratkaisuista, jotka vaikuttavat automaatiolaitteen ekotehokkuuteen opinnäytetyön katsontakannasta. Toimintatavoista taasen tärkeimpiä ovat erilaiset rajapinnat muiden sidosryhmien kanssa.

Haloila on hyvällä mallilla ekotehokkaan koneen kanssa, kun asiaa tarkistellaan automaatio- ja sähkösuunnittelun kulmasta. Tarvittavat standardit ja direktiivit on otettu käyttöön ennen pakollisia määräaikoja ja yrityksellä on kiinnostusta ympäristöstandardeja ja elinkaariajattelua kohtaan.

Yritys tarjoaa asiakkailleen palveluita, jotka ovat hyvin tärkeitä käärintäkoneiden käyttöön pidentämisessä ja näin vaikuttavat positiivisesti käärintäkoneen ekotehokkuuteen.



Pienillä muutoksilla toimitatavoissa ja laitteessa sekä jatkuvalla kehittämisellä Haloila pystyy tarjoamaan ekotehokkuutta ajatellen hyvin kilpailukykyisiä käärintäkoneita. Tärkeää onkin jatkossa tuntea kulloinenkin tilanne ja seurata yhteistyökumppanien ja asiakkaiden vaatimuksia ekotehokkuudesta.

## LÄHTEET

Euroopan yhteisöjen komissio 2009. KOMISSION ASETUS (EY) N:o 640/2009

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:191:0026:0034:FI:PDF>

Järvi-Kääriäinen T. & Leppänen-Turkula 2002. Pakkaaminen – perustiedot pakkauksista ja pakkaamisesta, Helsinki: Tekijät ja Pakkausteknologia – PTR ry.

Karjalainen L. & Ramsland T. 1992. Pakkaus: pakkausalan perusoppikirja, Helsinki: Pakkausteknologiaryhmä ry – PTR ry.

Kupari, 2012. Viitattu 11.5.2012. [www.kupari.com](http://www.kupari.com)

Lassila & Tikanoja 2012, Ohjeita lajitteluun ja kierrätykseen, Yrityksen kierrätysopas. Viitattu 11.5.2012. <http://www.vilho11.fi/content/download/668/3873/version/1/>

Motiva Oy, 2012. Viitattu 11.5.2012. [www.motiva.fi](http://www.motiva.fi)

Nurmi J. 2009. Tutkimus lavankäärintäkoneen oikosulkumoottorien jarrutusenergian varastoinnaksi ja uudelleen käytettäväksi, AMK-opinnäytetyö. Hämeenlinna ammattikorkeakoulu

Phoenix Contact kotisivut 2012. Viitattu 28.5.2012. <http://www.phoenixcontact.fi>

Rissa K. 2001. Ekotehokkuus – enemmän vähemmästä, Helsinki: Ympäristöministeriö

Rockwell Automation kotisivut 2012. Viitattu 28.5.2012. <http://www.rockwellautomation.com/>

Suomen Standardisoimisliitto SFS ry 2012. ISO 14000 Ympäristöjohtaminen. Viitattu 28.5.2012. <http://www.sfs.fi/iso14000/>

Siemens www-sivut 2012/ 2013. Viitattu 28.5.2012 ja 14.4.2013 <http://www.siemens.fi>

SFS-EN ISO 14040:2006. Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework (ISO 14040:2006) 2006. Finnish Standards Association SFS. Helsinki: SFS

Vacon, 2000. Jarrukatkojat ja vastukset. Viitattu 6.5.2012.

[http://www.vacon.com/ImageVaultFiles/id\\_3341/cf\\_2/Vacon-CX-Brake-Choppers-Resistors-User-Manual-Ud21.PDF](http://www.vacon.com/ImageVaultFiles/id_3341/cf_2/Vacon-CX-Brake-Choppers-Resistors-User-Manual-Ud21.PDF).

Valtion ympäristöhallinnon kotisivut 2012. Viitattu 31.5.2012. [www.ymparisto.fi](http://www.ymparisto.fi)

Varsinais-Suomen liiton kotisivut 2012. Viitattu 16.4.2012. <http://www.varsinais-suomi.fi/> -> Maakunta -> Kunnat

VEM:n kotisivut 2012. Energiatehokkuus. Viitattu 6.5.2012. [www.vem.fi](http://www.vem.fi) -> Toimialaratkaisut -> Energiatehokkuus

VEM 2013, Moottorihinnasto 2013. Viitattu 13.4.2013

[http://www.vem.fi/userData/vem/downloads/vem-motors-fi/hinnasto/VmF-moottorit\\_ovh\\_2013\\_netti.pdf](http://www.vem.fi/userData/vem/downloads/vem-motors-fi/hinnasto/VmF-moottorit_ovh_2013_netti.pdf)

VEM 2013, VEM Premium Efficiency IE3-moottorisarja. Viitattu 13.4.2013.

[http://www.vem.fi/userData/vem/downloads/vem-motors-fi/esitteet/VEM-IE3-leaflet-2011\\_fi.pdf](http://www.vem.fi/userData/vem/downloads/vem-motors-fi/esitteet/VEM-IE3-leaflet-2011_fi.pdf).

Mittauspöytäkirjaesimerkki

Energiankulutus - mittauspöytäkirja

Konetyyppi:

Käytetty mittari:

pv:

tekijä:

Lisävarusteet:

Lavannostin

Puristin

Päälikalvo

Manipulaattori

Logo wrap

Muu

Kaikki mittaukset tulee suorittaa kolmesti

	W (kWh)	W (kWh)	W (kWh)
Lepotilaenergia			
Käynnistysenergia			
Kierrosenergia			
Käärimistapa 1			
Käärimistapa 2			
Käärimistapa 3			

Käärimistapa 1 = Ylhäältä alas  
Käärimistapa 2 = Alhaalta ylös  
Käärimistapa3 = Tuplalkalvo

Kierrokseen kulunut aika	t (s)	t (s)	t (s)